

การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา  
Calcium L-Tartrate Hydrate ( $C_4H_4O_6Ca \cdot xH_2O$ ) Biodiesel Production from Palm Oil  
using Calcium L-Tartrate Hydrate ( $C_4H_4O_6Ca \cdot xH_2O$ ) as Catalyst

จักรพงษ์ ไชยบุรี\*  
Chakkramong Chaiburi\*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตัวเร่งปฏิกิริยารวมทั้ง Calcium L-tartrate hydrate ( $C_4H_4O_6Ca \cdot xH_2O$ ) สำหรับผลิตไบโอดีเซลผ่านปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันของเมทานอลและน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ซึ่งผลจากการทดลอง พบว่า อัตราส่วนโดยโมลที่ดีที่สุดของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์เท่ากับ 12 : 1 เมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา Calcium L-tartrate hydrate ( $C_4H_4O_6Ca \cdot xH_2O$ ) ที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส จะให้ความบริสุทธิ์ของไบโอดีเซลในรูปของเมทิลเอสเทอร์ 97.93% เมื่อใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 10% โดยควบคุมอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

คำสำคัญ : ไบโอดีเซล ตัวเร่งปฏิกิริยา ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน

Abstract

The aim of this research studied the heterogeneous catalyst of Calcium L-tartrate hydrate ( $C_4H_4O_6Ca \cdot xH_2O$ ) to produce biodiesel via the transesterification reaction of methanol with refined palm oil. The result was found that, the best molar ratio of methanol to refined palm oil is 12 : 1 by using Calcium L-tartrate hydrate ( $C_4H_4O_6Ca \cdot xH_2O$ ) catalyst calcined at 800°C and the purity of methyl ester as 97.93% when used catalyst loading of 10%. Moreover, the optimum condition was controlled the temperature of reaction at 60 °C for 3 h.

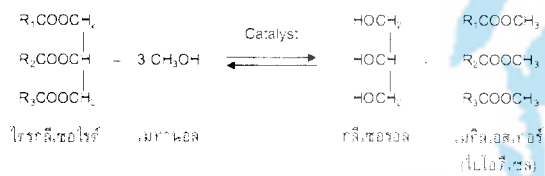
**Keywords :** Biodiesel, Catalyst, Transesterification

\*อาจารย์ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง อ.ป่าพะยอม จ.พัทลุง 93110

\*Corresponding author : E-mail: chakkramong@tsu.ac.th, kchakkramong@yahoo.com

### บทนำ

ไบโอดีเซล หมายถึง สารประกอบโมโนอัลคิล เอสเทอร์ (Mono-Alkyl Ester) ซึ่งเป็นผลผลิตจาก ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน (Transesterification) ของน้ำมันพืช หรือไขมันสัตว์ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ ประเภทไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ทำปฏิกิริยากับ แอลกอฮอล์ (Alcohol) เช่น เมทานอล และมีตัวเร่ง ปฏิกิริยาที่เป็นกรดหรือเบส จะได้ผลผลิตเป็นเอสเทอร์ (Ester) ซึ่งก็คือน้ำมันไบโอดีเซลและผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ กลีเซอรอล (Glycerol) ดังแสดงในภาพที่ 1 ซึ่งเราจะเรียก ชนิดของไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์นี้ตามชนิดของ แอลกอฮอล์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา ไบโอดีเซลชนิด เอสเทอร์นี้มี คุณภาพที่เหมือนกับน้ำมันดีเซลมากที่สุด เพราะไม่มีปัญหาเกี่ยวกับเครื่องยนต์



ภาพที่ 1 สมการเคมีสำหรับปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันของไตรกลีเซอไรด์

ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้สามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ กรด เบส และเอนไซม์ การผลิตไบโอดีเซล ในระดับอุตสาหกรรมนิยมใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ ชนิดเบส เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เนื่องจากเร่งปฏิกิริยา ได้เร็วและมีราคาถูก อย่างไรก็ตามตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ ละลายเป็นเนื้อเดียวกับสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ การแยกตัวเร่งปฏิกิริยาออก ทำได้ยาก ต้องใช้น้ำ ปริมาณมากและทำการล้างผลิตภัณฑ์หลายขั้นตอน ก่อให้เกิดน้ำเสียในปริมาณมาก และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย ในการบำบัดน้ำเสีย เพื่อเป็นการลดปัญหาดังกล่าว จึงมีการศึกษาการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ใน ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน

จักรพงษ์ ไชยบุรีและคณะ (2555) ได้ศึกษาตัวเร่ง ปฏิกิริยาของแข็งที่เป็นเบส SrO และ KF/SrO โดยนำ ไปใช้งานได้ในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน ของ เมทานอลต่อน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์เพื่อผลิตไบโอดีเซล อุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยา 65 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง จำนวนตัวเร่งปฏิกิริยา 2 4 6 8 และ 10 % โดยน้ำหนัก ที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันเท่ากับ 6:1 9:1 12:1 15:1 และ 18:1 จากผลการทดลองนี้ควรใช้ ตัวเร่งปฏิกิริยา KF/SrO ที่อัตราส่วนโดยโมล 12:1 และ จำนวนตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 4 [1]

Yang และคณะ (2007) ได้ศึกษาทดลองใช้  $Al_2O_3$ ,  $ZrO_2$  และ  $ZnO$  เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่อัตราส่วนโดย โมลน้ำมันถั่วเหลืองต่อเมทานอล 1 : 12 ที่ 65 องศาเซลเซียส เวลา 1 ชั่วโมง พบว่าตัวรองรับทั้งสามชนิดไม่ให้ผลิตภัณฑ์ เมทิลเอสเทอร์ แต่เมื่อเติมแคลเซียมในเตรดบนตัว รองรับเป็น  $Ca(NO_3)_2/Al_2O_3$ ,  $Ca(NO_3)_2/ZrO_2$  และ  $Ca(NO_3)_2/ZnO$  พบว่าได้เปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ (%FAME) 49, 7 และ 2 ตามลำดับ เนื่องจาก  $Ca(NO_3)_2$  ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเบสบนผิวตัวเร่งปฏิกิริยา จึงเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันดีขึ้น [2]

Kim และคณะ (2004) ได้ทำการศึกษา การเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันของน้ำมัน ถั่วเหลืองโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์ โดยได้ ทำการทดลองโดยใช้  $Na/NaOH/Al_2O_3$  เป็นตัวเร่ง ปฏิกิริยา โดยใช้ร่วมกับนอร์มอลเฮกเซน (n-hexane) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายร่วม (Co-Solvent) ทำการ ทดลองที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และให้เวลาในการ ทำปฏิกิริยา 2 ชั่วโมง จากการทดลองพบว่าเมื่อใช้  $Na/NaOH/Al_2O_3$  ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์ ในการเร่งปฏิกิริยาร่วมกับตัวทำละลายร่วมที่สภาวะ เดียวกันจะให้ร้อยละผลได้สูงเมื่อเทียบกับการเร่ง ปฏิกิริยาโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ [3]

Qiu et al. (2011) ได้พัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาแบบ วิวิธพันธุ์โดยเตรียม  $ZrO_2$  ควบด้วย  $C_4H_8O_6$  HK ซึ่งเป็นสาร กลุ่ม Tartrate แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส

เป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมได้มาผลิตน้ำมันไบโอดีเซล โดยใช้ไขมันถั่วเหลือง 1 โมลกับเมทานอล 16 โมล โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมได้ร้อยละ 6 อุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ได้ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลร้อยละ 98.03 [4]

เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่อยู่ในสถานะแตกต่างกับสารตั้งต้นที่เข้าทำปฏิกิริยา สามารถแยกสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ออกมาจากตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์ออกได้ง่าย และอาจนำกลับมาใช้ใหม่ได้ง่ายกว่า ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาเกี่ยวกับการแก้ปัญหาการเลือกใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมที่มีประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรมและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากที่สุดและเพื่อเพิ่มอายุการใช้งานของตัวเร่งปฏิกิริยาอีกด้วย ซึ่งงานวิจัยนี้ได้สนใจตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็งที่เป็นเบสมากกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดอื่น จึงได้ทำการสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาเบส คือ ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ Calcium L-tartrate hydrate ( $C_4H_4O_6Ca \cdot xH_2O$ ) เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลแบบต่อเนื่องในอนาคต

### วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา Calcium L-tartrate hydrate ( $C_4H_4O_6Ca \cdot xH_2O$ ) นำ Calcium L-tartrate hydrate ( $C_4H_4O_6Ca \cdot xH_2O$ ) เตา (Calcination) ที่อุณหภูมิ 800 และ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

2. การวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมัน โดยชั่งตัวอย่างน้ำมันให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 1-10 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่ เติมน้ำ 2-propanol 50 ml ลงไปในตัวอย่างน้ำมันที่เตรียมไว้ และเติม Phenolphthalein 2-5 หยดเขย่าให้เข้ากัน นำมาให้ความร้อนบน Hotplate ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ทำการไทเทรตขณะร้อนด้วย 0.1 N NaOH จนได้สารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู จดบันทึกปริมาตร 0.1 N NaOH ที่ใช้ในการไทเทรตคำนวณปริมาณกรดไขมันอิสระ

3. การดูลักษณะพื้นผิวด้วยกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy) ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้จากการเตรียมจะมีลักษณะเป็นผง นำมาตรวจลักษณะทางกายภาพด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscopy (SEM)

4. ศึกษาโครงสร้างของตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยเครื่อง X-ray Diffraction (XRD) ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้จากการเตรียมนำมาตรวจลักษณะโครงสร้าง

5. การสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน การสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน ที่อัตราส่วนของเมทานอลต่อน้ำมันที่อัตราส่วนโดยโมลต่างๆ 6 : 1 12 : 1 และ 18 : 1 มาทำการทดลองกับตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมไว้ โดยใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 5 และ 10 โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักของน้ำมันที่ใช้ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลาในการทำปฏิกิริยา 3 ชั่วโมง ดังภาพที่ 2

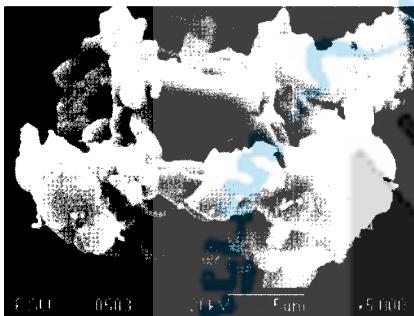


ภาพที่ 2 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์การสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน

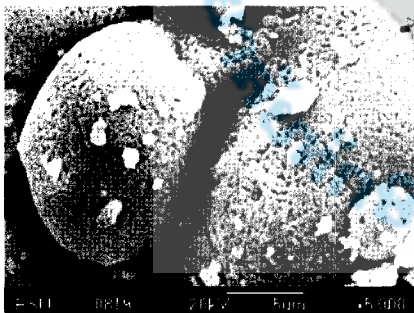
6. การวิเคราะห์หาองค์ประกอบเมทิลเอสเทอร์  
ในน้ำมันไบโอดีเซล นำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยา  
ทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน ส่วนที่เป็นชั้นของน้ำมัน  
ไปล้างด้วยน้ำ รอกการแยกชั้น และนำชั้นน้ำมันที่ได้ไป  
เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เฟดแอนไฮดรัส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง  
นำน้ำมันที่ได้ไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบเมทิลเอสเทอร์  
ในน้ำมันไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้โดยใช้เครื่อง  
Thin Layer Chromatography - Flame Ionization  
Detector (TLC – FID)

#### ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

การวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันอิสระใน  
น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ได้เท่ากับ 0.48 mgKOH/g โดยไม่  
เกินค่ามาตรฐาน 0.50 mgKOH/g เป็นมาตรฐาน DIN  
ของเยอรมนี และ ASTM (American Society of Testing  
and Materials) ของสหรัฐอเมริกาพบว่า มีลักษณะพื้นผิว  
ของตัวเร่งปฏิกิริยาแสดงดังภาพที่ 3



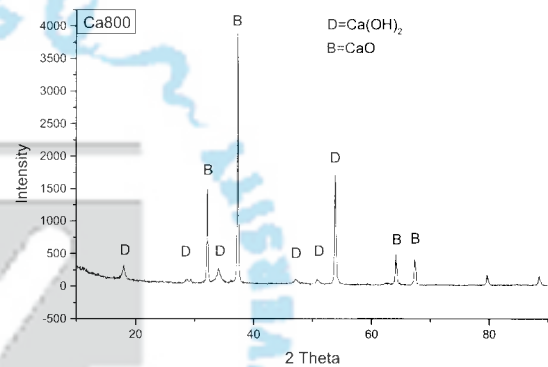
(a)



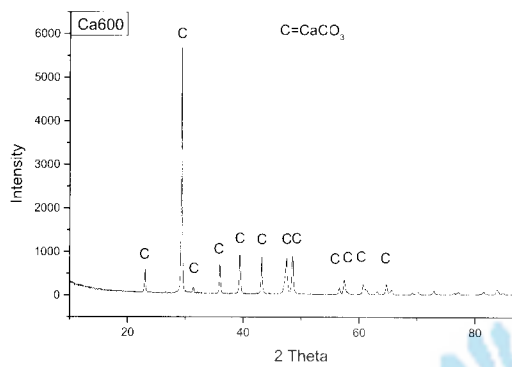
(b)

ภาพที่ 3 รูปถ่าย SEM แสดงลักษณะโครงสร้างภายนอก  
ของตัวเร่งปฏิกิริยา Calcium L-tartrate hydrate  
( $C_4H_4O_6Ca \cdot xH_2O$ ) โดย (a) เเผาที่อุณหภูมิ 800  
องศาเซลเซียส และ (b) เเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส

การวิเคราะห์พื้นผิวด้วยเครื่อง SEM ผลปรากฏ  
ดังภาพที่ 3 เป็นการศึกษาลักษณะโครงสร้างภายนอก  
ของตัวเร่งปฏิกิริยา Calcium L-tartrate hydrate  
( $C_4H_4O_6Ca \cdot xH_2O$ ) ที่กำลังขยาย 5000 เท่า ซึ่งจะเห็น  
อนุภาคของตัวเร่งปฏิกิริยามีลักษณะกายภาพของ (a)  
เป็นเกร็ด (Flakes) ซ้อนเกาะติดกัน และ (b) เป็นรูพรุนทั่วทั้ง  
อนุภาค เนื่องจากการเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส  
ทำให้ปริมาณคาร์บอนสลายตัวออกไปจนหมด ส่งผลให้  
พื้นผิวที่เป็นรูพรุนเกิดการเชื่อมปิดตัว ส่วนผลการศึกษา  
โครงสร้างของตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยเครื่อง XRD  
แสดงดังภาพที่ 4 และ 5



ภาพที่ 4 แสดงผล XRD ของตัวเร่งปฏิกิริยา Calcium  
L-tartrate hydrate ( $C_4H_4O_6Ca \cdot xH_2O$ ) เเผาที่อุณหภูมิ  
800 องศาเซลเซียส

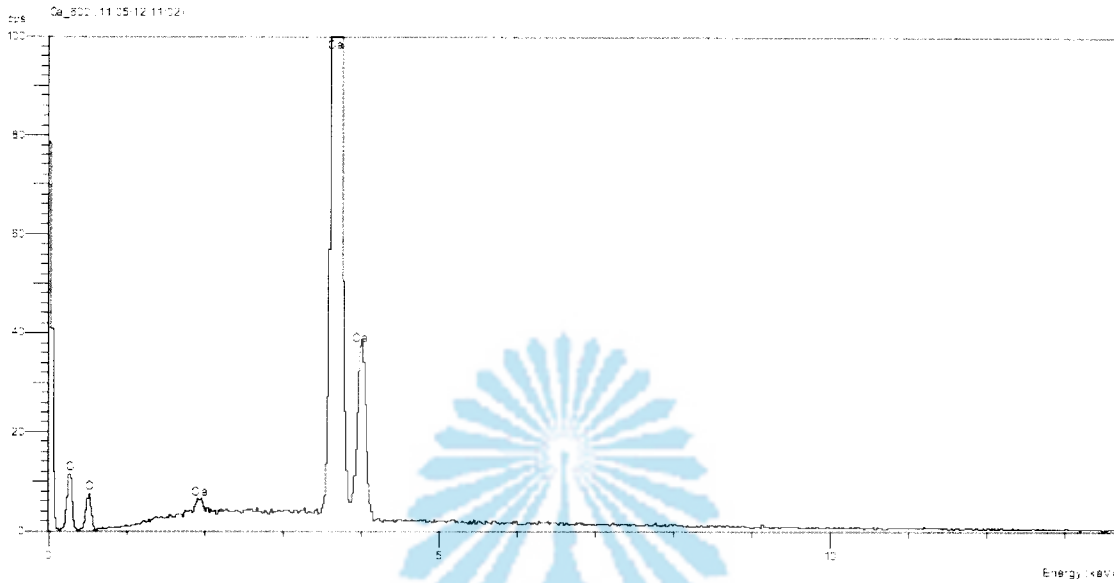


ภาพที่ 5 แสดงผล XRD ของตัวเร่งปฏิกิริยา Calcium L-tartrate hydrate ( $C_4H_4O_6Ca \cdot xH_2O$ ) เพลที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส

จากภาพที่ 4 และ 5 แสดงผล XRD ของตัวเร่งปฏิกิริยา Calcium L-tartrate hydrate ( $C_4H_4O_6Ca \cdot xH_2O$ ) เพลที่อุณหภูมิแตกต่างกัน โดยเพลที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ได้โครงสร้างเป็นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ( $Ca(OH)_2$ ) และแคลเซียมออกไซด์ ( $CaO$ ) ส่วนเพลที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ได้โครงสร้างเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต ( $CaCO_3$ ) และผลจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ห่องค์ประกอบของธาตุ Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX) แสดงผลดังภาพที่ 6 และ 7 แสดงผลว่ามี Ca C และ O จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณ Ca มีอยู่มากเนื่องจาก Peak ของพลังงานสูงกว่าธาตุอื่นๆ

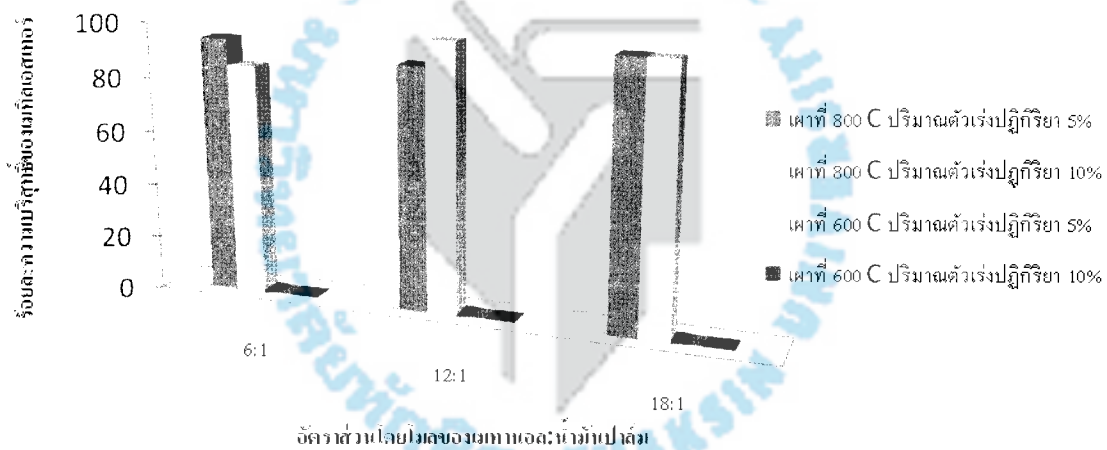


ภาพที่ 6 แสดงผล EDX ของตัวเร่งปฏิกิริยาจาก Calcium L-tartrate hydrate ( $C_4H_4O_6Ca \cdot xH_2O$ ) เพลที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 7 แสดงผล EDX ของตัวเร่งปฏิกิริยาจาก Calcium L-tartrate hydrate ( $C_4H_4O_6Ca \cdot xH_2O$ ) เตาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส

ส่วนผลจากการวิเคราะห์หรรือยละของเมทิลเอสเทอร์ ในน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริเคชัน เครื่อง Thin Layer Chromatography - Flame Ionization Detector (TLC - FID) แสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ผลการเปรียบเทียบหรรือยละของเมทิลเอสเทอร์ที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา Calcium L-tartrate hydrate ( $C_4H_4O_6Ca \cdot xH_2O$ ) ที่ปริมาณต่างๆกัน

จากภาพที่ 8 แสดงให้เห็นว่าตัวเร่งปฏิกิริยา Calcium L-tartrate hydrate ( $C_4H_4O_6Ca \cdot xH_2O$ ) เเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 5 อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์ม 18 : 1 ให้ร้อยละความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์สูงถึง 96.68 และที่ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 10 อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์ม 12 : 1 ให้ร้อยละความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์สูงถึง 97.93 ส่วนตัวเร่งปฏิกิริยาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 5 และ 10 ทุกอัตราส่วนโดยโมลไม่สามารถเกิดเมทิลเอสเทอร์ได้

### สรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ โดยค่าที่ได้จะไม่เกินค่ามาตรฐานได้เท่ากับ 0.48 mgKOH/g และในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้อุณหภูมิในการเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 5 อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์ม 18 : 1 ให้ร้อยละความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์สูงถึง 96.68 และที่ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 10 อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์ม 12 : 1 ให้ร้อยละความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์สูงถึง 97.93 เมื่อเทียบกับงานวิจัยของ Qiu และคณะในปี 2554 [4] ได้พัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์ โดยเตรียม  $ZrO_2$  ฉาบด้วย  $C_4H_4O_6HK$  ซึ่งเป็นสาร Tartrate ในกลุ่มโพแทสเซียม แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส นำตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมได้มาผลิตน้ำมันไบโอดีเซลโดยใช้น้ำมันถั่วเหลือง 1 โมล กับเมทานอล 16 โมลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมได้ร้อยละ 6 อุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ได้ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลร้อยละ 98.03 ส่วนตัวเร่งปฏิกิริยาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 5 และ 10 ทุกอัตราส่วนโดยโมลไม่สามารถเกิดเมทิลเอสเทอร์ได้ โดยสอดคล้องกับผล

จากการทดลองของ XRD จากการทดลองพบว่าตัวเร่งปฏิกิริยามีโครงสร้างที่ได้จากการเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสมีโครงสร้างเป็น  $CaO$  และ  $Ca(OH)_2$  มีความแตกต่างกันกับการเผาที่ 600 องศาเซลเซียสได้โครงสร้างเป็น  $CaCO_3$  แสดงว่าโครงสร้างที่เป็น  $CaCO_3$  ไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันได้ทุกอัตราส่วนโดยโมล ซึ่งก็สอดคล้องกับการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง TLC-FID แสดงผลร้อยละความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ของตัวเร่งปฏิกิริยา

### คำขอบคุณ

ทุนสนับสนุนการวิจัยงบประมาณจากสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา ปี 2554

### เอกสารอ้างอิง

- [1] จักรพงษ์ ไชยบุรี และคณะ. (2555). การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา  $SrO$  และ  $KF/SrO$ . การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 22 ประจำปี 2555. สงขลา : บริษัท มาสเตอร์พีช แอนด์ โครเชท จำกัด.
- [2] Yang, Z. and Xie, W. (2007). Soybean oil transesterification over zinc oxide modified with alkali earth metals. **Fuel Processing Technology**, 88, 631-638.
- [3] Kim, H.J., B.S. Kang, M.J. Kim, Y.M. Park and D.K. Kim. (2004). Transesterification of vegetable oil to biodiesel using heterogeneous base catalyst. **Catalysis Today**, 93, 315-320.
- [4] Qiu, F. et al. (2011). Heterogeneous solid base nanocatalyst : Preparation, characterization and application in biodiesel production. **Bioresource Technology**, 102, 4150-4156.